

Plataforma orientada al monitoreo de la calidad del aire en la Universidad Mariana

Integrantes

**Juan David Calpa López
Cristhian David Padilla Delgado**

**Universidad Mariana
Facultad de Ingeniería
Programa de Ingeniería de Sistemas
San Juan de Pasto
2024**

Plataforma orientada al monitoreo de la calidad del aire en la Universidad Mariana

Integrantes

**Juan David Calpa López
Cristhian David Padilla Delgado**

**Trabajo de grado como requisito para obtener el título de ingeniero de
sistemas**

**Madeline Daniela Narváez Muñoz
Asesora**

**Universidad Mariana
Facultad de Ingeniería
Programa de Ingeniería de Sistemas
San Juan de Pasto
2024**

ARTÍCULO 71
REGLAMENTO DE INVESTIGACIONES
UNIVERSIDAD MARIANA

“Los conceptos, afirmaciones y opiniones emitidos en el Trabajo de Grado son responsabilidad única y exclusiva del (los) Educando (s). “

CONTENIDO

	pág.
1. ELEMENTOS DEL PROCESO	7
1.1. ESTADO DE LA CUESTIÓN	7
1.2. TITULO	10
1.3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	10
1.3.1. Descripción del problema	10
1.3.2. Formulación del problema	11
1.4. OBJETIVOS	11
1.4.1. Objetivo general	11
1.4.2. Objetivos Específicos	11
1.5. JUSTIFICACIÓN	12
1.6. MÉTODO DE DESARROLLO	14
1.6.1. Línea y Áreas Temáticas	15
1.7. PRESUPUESTO	15
1.8. CRONOGRAMA	16
1.9. PRODUCTOS ESPERADOS	16
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19

LISTAS DE TABLAS

Tabla 1 <i>Características del proyecto: PLUME Dashboard: A free and open-source mobile air quality monitoring dashboard</i>	7
Tabla 2 <i>Características del proyecto: desarrollo de un software de optimización y monitorización de datos aplicados a la calidad del aire</i>	8
Tabla 3 <i>Características del proyecto: sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 para mejorar el monitoreo de la calidad del aire en la municipalidad de Laredo</i>	9
Tabla 4 <i>Características del proyecto: diseño y simulación de red de sensores para monitoreo, almacenamiento y análisis de la calidad del aire en el interior de un hogar</i>	9
Tabla 5 <i>Características del proyecto: diseño e implementación de un sistema IoT para monitorear calidad del aire</i>	9
Tabla 6 <i>Características del proyecto: aiRe</i>	9
Tabla 7 <i>Presupuesto global del proyecto</i>	16
Tabla 8 <i>Descripción de la inversión en personal</i>	17
Tabla 9 <i>Otros rubros</i>	17

1. ELEMENTOS DEL PROCESO

1.1. ESTADO DE LA CUESTIÓN

Los antecedentes del proyecto se recopilaban de los motores de búsqueda académica Mendeley, Google Academy y Semantic Scholar, posterior a la búsqueda se tomaron 6 documentos. Los documentos fueron seleccionados mediante un proceso de búsqueda y análisis, en el que se evaluaron las características y objetivos de los antecedentes seleccionados, determinando los potenciales aportes al desarrollo del proyecto. Al identificar las necesidades, se plantea una idea de desarrollo.

La contaminación del aire es una problemática que afecta a todo el mundo, se reconoce como un factor de riesgo a la salud, y se asimila su influencia en posibles enfermedades respiratorias que derivan en la muerte, por ello esta temática ha sido investigada en múltiples lugares del planeta.

En Canadá (Kelly et al., 2023), fue desarrollada PLUME, un dashboard idóneo para interpretar los datos recolectados por sensores en movimiento, por ello, ha de contar con una capacidad de procesamiento de la información, que se adapte a sensores con una tasa de muestreo de mayor velocidad. Dado que aún no existen este tipo de sensores, el software es de código abierto, por este motivo, cuenta con una detallada documentación de su funcionalidad.

Tabla 1

Características del proyecto: PLUME Dashboard: A free and open-source mobile air quality monitoring dashboard

Objetivo	Tiempo de existencia	Frecuencia de actualización	Funcionalidad	Atributos de calidad	Licenciamiento
Desarrollo de un software gratuito y de código abierto llamado compatible con laboratorios móviles de	1 año.	Sin actualizaciones.	Funcionalidades en tiempo real como la detección de eventos, el registro de estos y las funcionalidades de post-procesamiento como la detección de picos e	Actualización en tiempo real. Compatibilidad. Disponibilidad. Adaptabilidad.	No.

monitoreo de calidad del aire.			integración de datos con GPS.		
--------------------------------	--	--	-------------------------------	--	--

En Honduras (Omar Fernando Alvarado, 2023), se analizó cual sería la forma más eficaz para optimizar los datos recolectados por un medidor de calidad de aire. Esta problemática derivo en el desarrollo de un software capacitado para recolectar los datos de un medidor de calidad de aire y comunicarse de manera remota, almacenando su información en una base de datos, información que es graficada por el software.

Tabla 2

Características del proyecto: desarrollo de un software de optimización y monitorización de datos aplicados a la calidad del aire

Objetivo	Tiempo de existencia	Frecuencia de actualización	Funcionalidad	Atributos de calidad	Licenciamiento
Diseñar un software capaz de recopilar los datos de un medidor para la contaminación del aire, que se comunique de forma remota para el almacenamiento y optimización de datos.	1 año.	Sin actualizaciones.	Software capaz de monitorizar, almacenar y optimizar las señales cualquier sensor que cumpla con el protocolo de comunicación y poder almacenar y trabajar con estos datos en SQL Server.	Tiempo de respuesta. Usabilidad. Operabilidad. Portabilidad. Facilidad de instalación.	Si.

En Perú (López Ledesma, 2021), planteo una mejora al monitoreo de la calidad del aire en la municipalidad de Laredo, para solucionar esa problemática opto por realizar monitoreos del material particulado PM2.5 y PM10 con mayor constancia, y disminuir el tiempo que se tarda en realizar estos monitoreos, para generar reportes más frecuentes sobre estas partículas.

Tabla 3

Características del proyecto: sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 para mejorar el monitoreo de la calidad del aire en la municipalidad de Laredo

Objetivo	Tiempo de	Frecuencia de	Funcionalidad	Atributos de	Licenciamiento
----------	-----------	---------------	---------------	--------------	----------------

	existencia	actualización		calidad	
Mejorar el monitoreo de la calidad del aire en la municipalidad de la Laredo, 2021 mediante el desarrollo de un sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5	3 años.	Sin actualizaciones.	Software especializado en monitoreo de PM10 y PM2.5, capacitado para realizar monitoreos con una velocidad superior a la convencional.	Tiempo de respuesta. Usabilidad. Operabilidad. Portabilidad. Facilidad de instalación.	Si.

En Ecuador (Ángel Andrés Daquilema Serrano, 2020), busca promover el mejoramiento de la calidad del aire en espacios cerrados y reducidos como los hogares, por esta razón simulo una red de sensores aplicados a un hogar simulado de la misma manera, desarrollando un software que alerta al usuario si se encuentra en riesgo por la calidad del aire de su hogar.

Tabla 4

Características del proyecto: diseño y simulación de red de sensores para monitoreo, almacenamiento y análisis de la calidad del aire en el interior de un hogar

Objetivo	Tiempo de existencia	Frecuencia de actualización	Funcionalidad	Atributos de calidad	Licenciamiento
Promover el mejoramiento de la calidad del aire en el interior de los hogares a través de una red de sensores.	4 años.	Sin actualizaciones.	Visualizar en tiempo real los niveles de gas dentro del hogar, acceder al historial de estos niveles y recibir alertas instantáneas sobre cambios significativos en la concentración de gas	Procesamiento de datos. Calidad de la información. Accesibilidad. Tiempo de respuesta. Adaptabilidad.	Si.

En Bogotá (Hernández Siachoque, 2021) se plantea una solución para la medición de la calidad de aire en la universidad de los Andes, diseñando e implementando una red de sensores

IoT (Internet de las cosas) junto a un software para dispositivos móviles que permite visualizar la información en tiempo real y un histórico de los datos recolectados.

Tabla 5

Características del proyecto: diseño e implementación de un sistema IoT para monitorear calidad del aire

Objetivo	Tiempo de existencia	Frecuencia de actualización	Funcionalidad	Atributos de calidad	Licenciamiento
Diseñar e implementar una red IoT que permita monitorear la calidad del aire.	3 años.	Sin actualizaciones.	Implementar sensores de calidad del aire de bajo costo y una aplicación móvil que permite monitorear la calidad del aire en Bogotá.	Procesamiento de datos. Tolerancia a las fallas. Calidad de la información. Escalabilidad.	No.

En Bogotá (Díaz et al., 2021) se desarrolló un software web de código abierto para la limpieza, el análisis, la visualización y la elaboración de informes sobre la calidad del aire. Se desarrolló en conjunto con expertos en el campo de la calidad de aire, con la finalidad de aportar a otros proyectos futuros orientados a solucionar o investigar esta problemática.

Tabla 6

Características del proyecto: aiRe

Objetivo	Tiempo de existencia	Frecuencia de actualización	Funcionalidad	Atributos de calidad	Licenciamiento
Analizar datos sobre la calidad del aire en zonas urbanas para mejorar la toma de decisiones en la gestión ambiental.	3 años.	Sin actualizaciones.	Validación y análisis de datos de calidad del aire, que incluye visualizaciones estadísticas y GIS para identificar tendencias y patrones en la calidad del aire.	Disponibilidad. Análisis comparativo. Tiempo de respuesta. Operabilidad.	No.

1.2. TITULO

Plataforma orientada al monitoreo de la calidad del aire de la Universidad Mariana.

1.3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.3.1. Descripción del problema

La contaminación del aire representa un problema global, según la Organización Mundial de la Salud, aproximadamente de siete millones de personas fallecen anualmente debido a la mala calidad del aire tanto en interiores como en exteriores. Las partículas finas o PM 2,5 presentes en el aire son las principales culpables, causando enfermedades como la neumopatía obstructiva crónica e infecciones respiratorias (OMS, 2018).

Esta problemática no es nueva, ya que la mayoría de estas partículas provienen de la quema de combustibles fósiles. Por ello, las consecuencias de la exposición prolongada al material particulado se han estudiado. En 1995, se evaluó la posible relación entre las partículas finas y defunciones en áreas metropolitanas de Estados Unidos entre 1982 y 1989, los resultados mostraron que la contaminación del aire por partículas finas estaba asociada con la mortalidad por cáncer cardiopulmonar y de pulmón. Sin embargo, la mortalidad relacionada con el consumo de tabaco aún supera a la atribuida a la contaminación por material fino (Pope, 1995).

Además, se ha identificado que la exposición continua a ambientes con presencia de personas consumidoras de cigarrillos tradicionales o electrónicos, vehículos que emiten gases ofensivos o construcciones, incrementa las posibilidades de padecer complicaciones en la salud. Vargas R (2011) efectuó una búsqueda documental, en la que encontró una relación casual en los casos de personas fallecidas con motivos de enfermedades cardiovasculares, respiratorias y cáncer pulmonar, asimismo, encontró relación con otras enfermedades como cardiopatía coronaria, insuficiencia cardíaca, asma bronquial, EPOC, efectos sobre el peso al nacer, la tasa de prematuridad y otras. Todas estas fueron relacionadas con el material particulado PM2.5 y PM10.

La sede principal de la Universidad Mariana se encuentra en la ciudad de Pasto, está ubicada en una zona caracterizada por su centralidad y comercio. Entre las personas que circulan alrededor de la universidad, es común encontrarse con consumidores de cigarrillo y cigarrillos electrónicos, capaces de emitir cantidades de PM2.5 y PM10 considerablemente alarmantes. En

horas de alto tráfico vehicular, las calles cercanas a la universidad son colapsadas por automóviles, motocicletas, camiones y buses de transporte público, cada uno de estos desprende gases ofensivos y con presencia del material particulado. Las construcciones de grandes edificios en esta zona es otra amenaza a un ambiente libre de material particulado, puesto que desprende inmensas cantidades, que son proporcionales al tamaño de estas construcciones.

Aun no se ha desarrollado un registro o un monitoreo de la calidad del aire en la Universidad Mariana de libre acceso, que permita visualizar la calidad del aire a tiempo real, por este motivo, las personas no son conscientes de cómo están aportando al deterioro de la calidad del aire, sumado a su poca participación en el cuidado del aire y metodologías de prevención para este mismo.

De no tratar esta problemática, el aire de la Universidad Mariana, y de la ciudad de Pasto, se vería envuelto en una constante y preocupante contaminación, que provocaría riesgos al medio ambiente como lo sería el efecto invernadero, y riesgos a la salud de las personas, aumentando sus probabilidades de contraer algún tipo de enfermedad antes mencionada, convirtiéndose en una población vulnerable y elevando el riesgo de mortalidad si no se llega a tratar a tiempo y de una manera adecuada.

1.3.2. Formulación del problema

¿Cómo generar conciencia en la comunidad de la Universidad Mariana sobre la calidad del aire que respiran?

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Desarrollar una plataforma web que mida material particulado PM10 y PM 2.5 para el monitoreo de la calidad del aire en la Universidad Mariana con el fin de que la comunidad universitaria tenga consciencia sobre la calidad del aire que respira.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar el modelo de medición del monitoreo del aire.
- Diseñar la plataforma web capaz de medir material particulado PM10 y PM 2.5 dentro de la Universidad Mariana.
- Evaluar la usabilidad de la plataforma web desarrollada dentro de la Universidad Mariana.

1.5. JUSTIFICACIÓN

El aumento de la contaminación mundial, es una problemática que con el paso del tiempo ha tomado más fuerza, llegando al punto de convertirse en una realidad en la que la humanidad está inmersa. En Colombia diversos factores amenazan contra una óptima calidad del aire, industrialización, emisiones vehiculares, construcciones y demoliciones, incendios forestales, quema de cultivos o productos químicos como lo pueden ser los aerosoles. Las amenazas están presentes de muchas maneras, lo que permite comprender la facilidad con la que los entornos se ven afectados diariamente. La ciudad de Pasto no es una excepción, a pesar de no ser una ciudad caracterizada por un fuerte impacto industrial, no está exenta de todos los otros factores mencionados, siendo la contaminación vehicular y la urbanización las más destacadas en este ámbito.

Si se habla de ambiente, la Universidad Mariana es distinguida por su calidad de aire según la comunidad de la universidad, proporcionando espacios con cantidades de contaminación reducidas, principalmente por la regulación y prohibición de cigarrillos dentro de sus instalaciones, aunque a pesar de su destacada administración en su labor ecológica, no es inmune a los otros métodos de contaminación. Los ciudadanos de Colombia cuentan con el derecho de permanecer en un ambiente sano y equilibrado, El Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible (2010) adopto una política, la cual tenía como objetivo impulsar la gestión de la calidad del aire en el corto, mediano y largo plazo, buscando conseguir los niveles de calidad de aire apropiados para preservar el derecho a la salud y el bienestar humano. El desarrollo de una plataforma de monitoreo, en la que se calculen los niveles de contaminación del aire en la universidad, lograría su validación y fomentaría este derecho fundamental, permitiendo a los estudiantes, docentes y personal administrativo de la universidad tener acceso a datos reales que reflejen la calidad de aire a la que están expuestos, siendo informados e

instruidos sobre los niveles de contaminación, además de identificar el riesgo de estos niveles elevados.

Como consecuencia, la Universidad Mariana se vería beneficiada al contar con un sistema capacitado para medir el aire, puesto que facilitaría administrar los datos de sus instalaciones mediante software especializado. Esta plataforma daría pie a desarrollar protocolos de prevención y cuidado del aire, tomando con anticipación, medidas correctivas o preventivas para no presentar picos elevados de contaminación y perseverando para que el medio ambiente prevalezca saludable. La plataforma también puede inferir en la planificación eficiente de los recursos universitarios, siendo un aspecto mucho más representativo al cual destinar los recursos, esto podría verse reflejado optimizando los sistemas de ventilación en las aulas o zonas comunes que se encuentren en riesgo de contaminación.

En otro aspecto que se vería favorecida es la imagen y reputación que se proporciona a la ciudadanía, reforzando el veredicto respecto a la calidad del aire de la comunidad universitaria, esta reputación puede ser tomada en cuenta y generar atracción hacia muchos aspirantes para entrar a la universidad, así como nuevo personal administrativo, docentes o potenciales investigadores.

Además de la Universidad, los gestores de ambiente en la región pueden demostrar interés hacia este proyecto fuertemente ligado con el impacto en la contaminación del entorno, estos gestores encargados de planificar y diseñar estrategias para conservar el medio ambiente serían considerablemente beneficiados con el monitoreo del material particulado, esto gracias a la manera en que cumple con su función de conseguir una adecuada calidad de vida, recolectando la información pertinente para planificar sus estrategias preventivas, igualmente en el aspecto correctivo, coopera con otra función atribuida a los gestores, de mitigar y reducir los problemas ambientales que afectan a la población.

Se cree que este proyecto al estar orientado a causas ambientales, representa un notable valor social, teniendo la capacidad de ser aplicado y lograr resultados en cualquier lugar del planeta, especialmente por cuantos entornos podrían convertirse en lugares más saludables, en qué porcentaje podría ser prevenida la contaminación, y cuantas vidas podrían estar a salvo y sin complicaciones por convivir en un ambiente alejado del material particulado.

Para el desarrollo de este proyecto fueron consultados los repositorios institucionales de las universidades de la región, al no haber encontrado un antecedente relacionado con el

monitoreo de la calidad del aire mediante un software, es correcto atribuirlo como un pionero en la región. Dimensionando el valor investigativo que representa, inspirando o fundamentando en un futuro a las posibles investigaciones de la región.

1.6. MÉTODO DE DESARROLLO

Método:	XP
Etapas:	Planificación, diseño, programación, pruebas, entrega.
Artefactos:	Código Fuente, diagramas, documentación de código, entregas parciales.
Roles:	Clientes: comunidad Universidad Mariana Programador: Juan David Calpa López Programador: Cristhian David Padilla Delgado Asesor: Madeline Daniela Narváez Muñoz
Métrica(s):	Producto final de cada iteración.

Planificación: el proceso de planificación hace referencia a como se identifican las funcionalidades que necesita el sistema para cumplir los requerimientos del usuario final. En esta etapa se evalúa la cantidad de trabajo y el tiempo que tarda en realizarse cada requerimiento desarrollado en la iteración. Se entrega un plan en el cual se explica como abordar el proceso de desarrollo.

Diseño: el diseño esta enfocado a idear y plantear una solución a los requerimientos que hayan sido identificados. La metodología XP cuenta con un diseño evolutivo, que permite detallar progresivamente, por lo que el diseño se va a definir a la vez que el software esta siendo desarrollado, esto significa que el diseño será una etapa que estará presente en cada una de las iteraciones del proyecto. Se entrega un diseño en el que se modela el proceso de codificación de los requerimientos.

Programación: en esta etapa se desarrolla toda la codificación que fue planteada en el diseño para cumplir e implementar los requerimientos del software, en la metodología XP se siguen prácticas de programación establecidas, como pueden ser la programación en parejas, realizar pruebas del código y hacer énfasis en un código simple, sin dejar atrás la calidad que este necesita. Se hace entrega del código fuente y su respectiva documentación.

Pruebas: se llevarán a cabo pruebas constantemente, estas pruebas no son aplicadas exclusivamente al final de cada iteración, la metodología XP busca poner a prueba el desarrollo en múltiples ocasiones en el transcurso de cada iteración, por lo que el código que vaya a ser escrito tiene que pasar constantemente todos los test estipulados, por otra parte, las pruebas se realizan frecuentemente para verificar que las nuevas funcionalidades no causen conflictos con las existentes. Se entregan pruebas en las que se examina y adapta el código fuente.

1.7. LÍNEA Y ÁREAS TEMÁTICAS

Línea: Ingeniería, Informática y computación.

1. Innovación, modelamiento y desarrollo de software.

1.8. PRESUPUESTO

Tabla 7

Presupuesto global del proyecto

RUBROS	TOTAL (\$)
INVERSIÓN EN PERSONAL	\$4.709.985
OTROS RUBROS	\$550.000
TOTAL	\$5.259.985

Tabla 8

Descripción de la inversión en personal

NOMBRE INVESTIGADOR	Vr. Hora Investigador	DEDICACIÓN Número total de horas	VALOR
Madeline Daniela Narváez Muñoz	\$19.333	45 horas	\$869.985
Juan David Calpa López	\$4.000	480 horas	\$1.920.000
Cristhian David Padilla Delgado	\$4.000	480 horas	\$1.920.000

TOTAL	\$4.709.985
--------------	--------------------

Tabla 9

Otros rubros

RUBRO	JUSTIFICACIÓN	VALOR TOTAL
Materiales	Componentes electrónicos para hacer el desarrollo del sensor	\$350.000
Participación eventos	Papelería para dar a conocer el proyecto en diferentes presentaciones	\$200.000
TOTAL		\$550.000

1.9. CRONOGRAMA

Actividades	Tiempo											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Caracterizar el modelo de medición del monitoreo del aire.												
Acercamiento profesional por un ingeniero ambiental.	x											
Reconocimiento de variables.	x											
Búsqueda de revisión documental.	x	x										
Recolección de datos tomados con el sensor.	x	x										
Interpretación de los datos recolectados.			x									
Informe de caracterización de modelo medidor de aire.			x									
Diseñar la plataforma web capaz de medir material particulado PM10 y PM 2.5 dentro de la Universidad Mariana.												
Iteración 1.				x								
Iteración 2.					x							
Iteración 3.						x						
Iteración 4.							x					
Iteración 5.								x				
Evaluar la usabilidad de la plataforma web desarrollada dentro de la Universidad Mariana.												
Diseño y aplicación del instrumento de recolección de datos.									x			
Análisis de la información recolectada.										x		
Redacción del informe de la plataforma.											x	

1.10. PRODUCTOS ESPERADOS

- Monografía (documento de informe final)

- Informe Técnico
- Carta de Innovación
- Código fuente completo
- Tutorial o video tutorial de la instalación de la solución
- 2 participaciones en eventos

1.11 CONDICIONES DE ENTREGA

Documento de trabajo de grado en formato digital almacenado en CD rotulado y correo electrónico.

LISTAS DE ANEXOS

Anexo 1

Título del referente		Diseño y simulación de red de sensores para monitoreo, almacenamiento y análisis de la calidad del aire en el interior de un hogar					
Nombre de los autores(as) del referente		Angel Andres Daquilema Serrano					
Procedencia o filiación institucional de los autores(as) del referente		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL					
Tipo de documento	Artículo	Libro	Tesis - Trabajo de grado	Ponencia	Otro, cuál?		
			x				
Nivel del referente	Postdoctorado	Doctorado	Maestría	Pregrado - Estudiantil	Docente	Otro, cuál?	
			x				
Información contextual. Lugar en el que se aplicó o desarrolló el estudio		Aplicado en un hogar simulado con computadora.					
Aproximación al problema de investigación que originó el documento (¿por qué se desarrolló la investigación?)		La falta de investigación a la contaminación del aire en los hogares por el uso doméstico de combustibles ineficientes con fines de calefacción, cocina e iluminación y el riesgo al que están expuestas las personas.					
Aproximación a la justificación de la investigación que originó el documento (¿para qué se desarrolló la investigación?)		Se desarrollo con el fin de analizar la cantidad de los gases CO, CO2, Methane, Nitrogen y O2 que afectan a la salud de las personas en sus hogares, e informar sobre los niveles de contaminación a los que pueden llegar.					
Objetivo o propósito, si no es explícito debe deducirse		Promover el mejoramiento de la calidad del aire en el interior de los hogares a través de una red de sensores.					
Metodología (¿Cómo se realizó el proyecto?)	Cualitativa	Cuantitativa	Mixta	Investigación documental	Otro, cuál?		
			x				
Muestra - Población		Hogar-ciudad de Guayaquil, Ecuador					
Técnicas y/o Instrumentos de recolección de información	Entrevistas	Cuestionarios	Diario de Campo	Observación	Portafolio	Otro, cuál?	
						Simulación	
Logros, descubrimientos, resultados, hallazgos		Los niveles de gas en el interior del hogar pueden ser visualizados en tiempo real, el usuario va a poder ver el historial de los niveles de gases en el interior de su hogar, se genera una alerta al usuario para darle a conocer en tiempo real el nivel de gas.					
Conclusiones		Los sensores Iot se integran facilmente con los servidores Iot, que permiten gestionar la informacion para que sea tratada. En caso de superar los niveles de contaminación, se enviara un mensaje al usuario por correo electrónico.					
Aportes a mi trabajo		• Recopilación y tratamiento de datos • Conexiones entre sensores IoT • Información y fundamentación sobre los sensores Iot					
Cita en APA		Daquilema, A. (2020). Diseño y simulación de red de sensores para monitoreo, almacenamiento y análisis de la calidad del aire en el interior de un hogar [Tesis de maestría]. Escuela Superior Politécnica del Litoral					
Fuente	Google Scholar	Scielo, DOAJ, Dialnet...	Mendeley	Science Direct	Springer	IEEE	Otro, cuál?
	x						
Link		https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/56408					

Anexo 2

Título del referente	Sistema medidor de partículas PM ₁₀ y PM _{2.5} para mejorar el monitoreo de la calidad del aire en la municipalidad de						
Nombre de los autores(as) del referente	Carlos Alfredo López Ledesma						
Procedencia o filiación institucional de los autores(as) del referente	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO						
Tipo de documento	Artículo	Libro	Tesis - Trabajo de grado x	Ponencia	Otro, cuál?		
Nivel del referente	Postdoctorado	Doctorado	Maestría x	Pregrado - Estudiantil	Docente	Otro, cuál?	
Información contextual. Lugar en el que se aplicó o desarrolló el estudio	Municipalidad de Laredo, Trujillo - Peru.						
Aproximación al problema de investigación que originó el documento (¿por qué se desarrolló la investigación?)	Trujillo está considerado como una la provincia que respira el aire más contaminado por el uso del transporte urbano que según el diagnóstico del ministerio del Ambiente.						
Aproximación a la justificación de la investigación que originó el documento (¿para qué se desarrolló la investigación?)	Permitir al personal de administración ambiental contar con un equipo portátil y de bajo coste que le permitirá realizar monitoreo del aire, además contar con información actualizada, información histórica y proponer estrategias para tener un aire limpio.						
Objetivo o propósito, si no es explícito debe deducirse	Mejorar el monitoreo de la calidad del aire en la municipalidad de la Laredo, 2021 mediante el desarrollo de un sistema medidor de partículas PM ₁₀ y PM _{2.5}						
Metodología (¿Cómo se realizó el proyecto?)	Cualitativa	Cuantitativa	Mixta x	Investigación documental	Otro, cuál?		
Muestra - Población	Para la población se considera el número de monitoreos equivalentes a 15. Porque la cantidad de la población es pequeña, no se calcula muestra ni muestreo.						
Técnicas y/o Instrumentos de recolección de información	Entrevistas	Cuestionarios	Diario de Campo x	Observación	Portafolio	Otro, cuál?	
Logros, descubrimientos, resultados, hallazgos	A comparación de los antecedentes investigados, y con los equipos profesionales de monitoreo de aire, los resultados son semejantes, lo que le respalda la efectividad de el sensor y su análisis.						
Conclusiones	El sistema medidor de partículas PM ₁₀ y PM _{2.5} mejoró significativamente el monitoreo de la calidad del aire en la Municipalidad de Laredo						
Aportes a mi trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • Información sobre la medición de material particulado PM_{2.5} y PM₁₀ • Como se hicieron los monitoreos de la calidad del aire • Alternativa de sensor lot de bajo costo 						
Cita en APA	Francisco, P. T. J. (2021). Sistema medidor de partículas PM ₁₀ y PM _{2.5} para mejorar el monitoreo de la calidad del aire en la municipalidad de Laredo. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/55945						
Fuente	Google Scholar	Scielo, DOAJ, Dialnet...	Mendeley	Science Direct	Springer	IEEE	Otro, cuál?
Link	https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/55945						

Anexo 3

Título del referente	PLUME Dashboard: A free and open-source mobile air quality monitoring dashboard						
Nombre de los autores(as) del referente	Chris Kelly, Julian Fawkes, Rachel Habermehl, Davi de Ferreyro Monticelli, Naomi Zimmerman						
Procedencia o filiación institucional de los autores(as) del referente	University of British Columbia						
Tipo de documento	Artículo x	Libro	Tesis - Trabajo de grado	Ponencia	Otro, cuál? opinión		
Nivel del referente	Postdoctorado	Doctorado x	Maestría	Pregrado - Estudiantil	Docente	Otro, cuál?	
Información contextual. Lugar en el que se aplicó o desarrolló el estudio	Universidad British Columbia, Canada.						
Aproximación al problema de investigación que originó el documento (¿por qué se desarrolló la investigación?)	Existe una limitación en los sistemas tradicionales de monitoreo de la calidad del aire para capturar con precisión la contaminación en entornos urbanos. Estos sistemas fijos son costosos y ofrecen una resolución temporal baja, es decir por hora o lo mínimo llega a ser por minuto, lo que dificulta la captación de variaciones espaciales y temporales de la contaminación, especialmente de picos de corta duración provenientes de fuentes locales como el tráfico.						
Aproximación a la justificación de la investigación que originó el documento (¿para qué se desarrolló la investigación?)	Dado el costo de los software de monitoreo de clima, se plantea desarrollar un dashboard que sea de código libre, que facilite la visualización de datos en tiempo real y agilice el procesamiento y análisis de datos, con la finalidad de que tanto investigadores nuevos o veteranos tengan acceso al dashboard, y dado que es libre puede tener mejoras a futuro.						
Objetivo o propósito, si no es explícito debe deducirse	Desarrollo de un software gratuito y de código abierto llamado PLUME Dashboard, compatible con laboratorios móviles de monitoreo de calidad del aire.						
Metodología (¿Cómo se realizó el proyecto?)	Cualitativa	Cuantitativa	Mixta x	Investigación documental	Otro, cuál?		
Muestra - Población	Toronto - Canada						
Técnicas y/o Instrumentos de recolección de información	Entrevistas	Cuestionarios	Diario de Campo	Observación	Portafolio	Otro, cuál? No aplica	
Logros, descubrimientos, resultados, hallazgos	Como resultado se obtuvo un software, el dashboard llamado "PLUME" y se destacan sus funcionalidades en tiempo real como la detección de eventos, el registro de estos y las funcionalidades de post-procesamiento como la detección de picos e integración de datos con GPS. Se aclara que la versión actual no detecta el inicio ni el final de los picos de contaminación en tiempo real o post, pero esta función queda prevista para un desarrollo futuro.						
Conclusiones	La monitorización móvil de la calidad del aire es una opción popular para estudiar la calidad del aire en entornos urbanos. Sin embargo, la configuración del software y los sistemas de gestión de datos necesarios para este monitoreo presentan problemas, especialmente debido al alto costo de los paquetes comerciales disponibles, la falta de opciones de personalización y la dificultad de procesar y analizar grandes conjuntos de datos. PLUME Dashboard es una solución a estos problemas. Es una herramienta gratuita y de código abierto que permite a los usuarios desplegar un laboratorio móvil de calidad del aire. Se puede descargar de Github y se puede conectar a cualquier instrumento compatible con Modbus. Por lo tanto, PLUME Dashboard es una opción viable para los equipos de investigación que desean implementar un laboratorio móvil pero tienen restricciones financieras.						
Aportes a mi trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • Código abierto que se puede adaptar a las necesidades de este proyecto • Documentación hecha por los desarrolladores, que puede ser tomada como referencia para desarrollar la plataforma 						
Cita en APA	Kelly, C., Fawkes, J., Habermehl, R., de Ferreyro Monticelli, D., & Zimmerman, N. (2023). PLUME Dashboard: A free and open-source mobile air quality monitoring dashboard. Environmental Modelling and Software, 160. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2022.105600						
Fuente	Google Scholar	Scielo, DOAJ, Dialnet...	Mendeley	Science Direct	Springer	IEEE	Otro, cuál?
Link	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815222003000?via%3Dihub						

Anexo 4

Titulo del referente	DESARROLLO DE UN SOFTWARE DE OPTIMIZACIÓN Y MONITORIZACIÓN DE DATOS APLICADOS A LA CALIDAD DEL AIRE						
Nombre de los autores(as) del referente	OMAR FERNANDO ALVARADO						
Procedencia o filiación institucional de los autores(as) del referente	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA						
Tipo de documento	Artículo	Libro	Tesis - Trabajo de grado x	Ponencia	Otro, cuál?		
Nivel del referente	Postdoctorado	Doctorado	Maestría	Pregrado - Estudiantil x	Docente	Otro, cuál?	
Información contextual. Lugar en el que se aplicó o desarrolló el estudio	San Pedro Sula, Honduras						
Aproximación al problema de investigación que originó el documento (¿por qué se desarrolló la investigación?)	El nivel de contaminación del aire en el país aumenta cada año y con esto aumenta la necesidad de medir estos niveles de contaminación y no existen suficientes medidores en el país, por lo tanto se necesita más equipo para supervisar los índices de contaminación ambiental en diferentes zonas del país.						
Aproximación a la justificación de la investigación que originó el documento (¿para qué se desarrolló la	Se desarrollo para prevenir muchas muertes prematura en niños menores a 2 años que sufren de graves enfermedades respiratorias por la exposición a la contaminación que estos sufren						
Objetivo o propósito, si no es explícito debe deducirse	Diseñar un software capaz de recopilar los datos de un medidor para la contaminación del aire, que se comunique de forma remota para el almacenamiento y optimización de datos.						
Metodología (¿Cómo se realizó el proyecto?)	Cualitativa	Cuantitativa x	Mixta	Investigación documental	Otro, cuál?		
Muestra - Población	San Pedro Sula, Honduras						
Técnicas y/o Instrumentos de recolección de	Entrevistas	Cuestionarios	Diario de Campo	Observación	Portafolio	Otro, cuál?	
						No aplica	
Logros, descubrimientos, resultados, hallazgos	Como resultado final se obtuvo un software capaz de monitorizar, almacenar y optimizar las señales cualquier sensor que cumpla con el protocolo de comunicación y poder almacenar y trabajar con estos datos en SQL Server, por lo cual se considera que se han realizado con éxito los 3 incrementos planteados.						
Conclusiones	Se creó un software capaz de recibir señales de forma remota de cualquier sensor que cumpla con el protocolo de comunicación creado. La implementación del modelo matemático identificó que el sensor de PM _{2.5} y PM ₁₀ poseen una confiabilidad de 88.5% y 85.4% respectivamente						
Aportes a mi trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • Metodología utilizada para el diseño del software • Como se grafican todos los datos recolectados por los sensores • Gestión de su base de datos • Lenguajes de programación utilizados 						
Cita en APA	Alvarado, O. F. (2021). Desarrollo de un software de optimización y monitorización de datos aplicados a la calidad del aire. https://repositorio.unitec.edu/handle/123456789/9657						
Fuente	Google Scholar x	Scielo, DOAJ, Dialnet...	Mendeley	Science Direct	Springer	IEEE	Otro, cuál?
Link	https://repositorio.unitec.edu/handle/123456789/9657						

Anexo 5

Título del referente	aiRe - A web-based R application for simple, accessible and repeatable analysis of urban air quality data					
Nombre de los autores(as) del referente	Juan José Díaz, Ivan Mura, Juan Felipe Franco, Raha Akhavan-Tabatabaei.					
Procedencia o filiación institucional de los autores(as) del referente	Department of Industrial Engineering, Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia					
Tipo de documento	Artículo x	Libro	Tesis - Trabajo de grado	Ponencia	Otro, cuál?	
Nivel del referente	Postdoctorado	Doctorado x	Maestría x	Pregrado - Estudiantil	Docente	Otro, cuál?
Información contextual. Lugar en el que se aplicó o desarrolló el estudio	Bogotá, Colombia					
Aproximación al problema de investigación que originó el documento (¿por qué se desarrolló la investigación?)	Parte desde la necesidad de abordar el análisis de datos de calidad del aire en entornos urbanos, con el objetivo de facilitar la toma de decisiones informadas en la gestión ambiental.					
Aproximación a la justificación de la investigación que originó el documento (¿para qué se desarrolló la	Es importancia de contar con herramientas tecnológicas innovadoras, que faciliten el análisis de datos de calidad del aire y promuevan la toma de decisiones informadas, además crear conciencia y proporcionar a las autoridades ambientales las herramientas necesarias para monitorear y mejorar la calidad del aire en el país.					
Objetivo o propósito, si no es explícito debe deducirse	Se busca crear conciencia sobre la calidad del aire, promover la participación pública y proporcionar a las autoridades ambientales las herramientas necesarias para monitorear y mejorar la calidad del aire en Colombia. Además, se pretende contribuir al desarrollo sostenible de las ciudades y al bienestar de la población a través de la implementación de tecnologías avanzadas en el campo de la calidad del aire.					
Metodología (¿Cómo se realizó el proyecto?)	Cualitativa	Cuantitativa	Mixta x	Investigación documental	Otro, cuál?	
Muestra - Población	Bogotá, Colombia					
Técnicas y/o Instrumentos de recolección de	Entrevistas	Cuestionarios	Diario de Campo	Observación x	Portafolio	Otro, cuál?
Logros, descubrimientos, resultados, hallazgos	Se obtuvo como resultado una herramienta que permite limpiar y autenticar los datos de calidad del aire para garantizar su integridad y fiabilidad, además de realizar análisis estadísticos y visuales de los datos de calidad del aire, incluyendo la generación de gráficos como rosas de viento, histogramas, correlaciones en diferentes agregaciones de tiempo y visualizaciones GIS dinámicas, también ofrece funcionalidades de visualización de datos que facilitan la interpretación de los resultados y la identificación de patrones y tendencias relevantes en la calidad del aire.					
Conclusiones	Se destaca la importancia de aiRe como una herramienta de análisis de datos de calidad del aire que facilita la toma de decisiones informadas en la gestión de la calidad del aire en entornos urbanos. Se menciona la colaboración con autoridades ambientales y expertos académicos, así como la presentación exitosa del software en eventos científicos, además se plantea la posibilidad de agregar en un futuro capacidades de análisis predictivo y prescriptivo, así como la generación de informes históricos de operaciones realizadas.					
Aportes a mi trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • Proyecto desarrollado en conjunto con entidades ambientales • Requerimientos funcionales apropiados y completos 					
Cita en APA	Díaz, J. J., Mura, I., Franco, J. F., & Akhavan-Tabatabaei, R. (2021). aiRe - A web-based R application for simple, accessible and repeatable analysis of urban air quality data. Environmental Modelling & Software: With Environment Data News, 138(104976), 104976. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.104976					
Fuente	Google Scholar x	Scielo, DOAJ, Dialnet...	Mendeley	Science Direct	Springer	IEEE Otro, cuál?
Link	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815221000190					

Anexo 6

Título del referente	Diseño e implementación de un sistema IoT para monitorear calidad del						
Nombre de los autores(as) del referente	Nicolás Hernández Siachoque						
Procedencia o filiación institucional de los autores(as) del referente	LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA						
Tipo de documento	Artículo	Libro	Tesis - Trabajo de grado x	Ponencia	Otro, cuál?		
	Postdoctorado	Doctorado	Maestría	Pregrado - Estudiantil x	Docente	Otro, cuál?	
Nivel del referente							
Información contextual. Lugar en el que se aplicó o desarrolló el estudio	Bogotá - Colombia						
Aproximación al problema de investigación que originó el documento (¿por qué se desarrolló la investigación?)	En las principales ciudades alrededor del mundo se ha producido un deterioro de la calidad del aire. El 14 de abril del 2021 se firmó en la ciudad de Bogotá un pacto histórico para mejorar la calidad del aire y se fijaron metas a 10 años. Es necesario monitorear diferentes variables para determinar la afectación de gases contaminantes en la ciudad.						
Aproximación a la justificación de la investigación que originó el documento (¿para qué se desarrolló la investigación?)	La solución tecnológica desarrollada busca hacer un monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Bogotá, de un modo mas económico y sostenible, además de que no sea exclusivo para una autoridad central que controle esta información.						
Objetivo o propósito, si no es explícito debe deducirse	Diseñar e implementar una red IoT que permita monitorear la calidad del aire						
Metodología (¿Cómo se realizó el proyecto?)	Cualitativa	Cuantitativa	Mista x	Investigación documental	Otro, cuál?		
	Bogotá, Colombia						
Muestra - Población							
Técnicas y/o Instrumentos de recolección de información	Entrevistas	Cuestionarios	Diario de Campo x	Observación	Portafolio	Otro, cuál?	
Logros, descubrimientos, resultados, hallazgos	Se logro desarrollar una aplicación móvil en la que se puede monitorear la calidad del aire en la ciudad de Bogotá, cumpliendo con todos los estandares de calidad estipulados al comienzo del proyecto.						
Conclusiones	El proyecto de grado contribuye al desarrollo de soluciones IoT en la Universidad de los Andes ya que aún no existen énfasis en este tipo de soluciones. Es una gran integración de conocimientos de ingeniería electrónica e ingeniería de sistemas ya que se emplean conceptos desde la parte física de los sensores hasta el desarrollo de software y modelos de despliegue en la nube. Es por ello que se utilizó un gran número de herramientas como que en muchas ocasiones tienen una curva de aprendizaje que toma un tiempo considerable.						
Aportes a mi trabajo	<ul style="list-style-type: none">• Guarda semejanzas con nuestra idea de proyecto• Métodos de recolección de la información del aire• Administración de la información recolectada• Código disponible en el repositorio de GitHub del desarrollador						
Cita en APA	Hernandez Siachoque, N. (2021). Diseño e implementación de un sistema IoT para monitorear calidad del aire. Universidad de los Andes.						
Fuente	Google Scholar	Scielo, DOAJ, Dialnet...	Mendeley	Science Direct	Springer	IEEE	Otro, cuál?
Link	x	https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/58659f89-7c6c-472c-93ae-3debc948a975					

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Hernandez Siachoque, N. (2021). *Diseño e implementación de un sistema IoT para monitorear calidad del aire*. Universidad de los Andes.

<http://hdl.handle.net/1992/55490>

Díaz, J. J., Mura, I., Franco, J. F., & Akhavan-Tabatabaei, R. (2021). *aiRe - A web-based R application for simple, accessible and repeatable analysis of urban air quality data. Environmental Modelling & Software: With Environment Data News*. Environmental Modelling and Software.

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364815221000190?dgcid=rss_sd_all

Alvarado, O. F. (2023). *Desarrollo de un software de optimización y monitorización de datos aplicados a la calidad del aire*. Universidad Tecnológica Centroamérica.

<https://repositorio.unitec.edu/xmlui/handle/123456789/9657>

Kelly, C., Fawkes, J., Habermehl, R., de Ferreyro Monticelli, D., & Zimmerman, N. (2023). *PLUME Dashboard: A free and open-source mobile air quality monitoring dashboard. Environmental Modelling and Software*. Elsevier BV.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815222003000>

Francisco, P. T. J. (2021). *Sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 para mejorar el monitoreo de la calidad del aire en la municipalidad de Laredo*. Universidad Cesar Vallejo.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/55945>

Daquilema, A. (2020). *Diseño y simulación de red de sensores para monitoreo, almacenamiento y análisis de la calidad del aire en el interior de un hogar*. Escuela Superior Politécnica Del Litoral.

<http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/56408>

Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2018). *Nueve de cada diez personas de todo el mundo respiran aire contaminado.*

<https://www.who.int/es/news/item/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action>

Pope, C. A., III, Thun, M. J., Namboodiri, M. M., Dockery, D. W., Evans, J. S., Speizer, F. E., & Heath, C. W., Jr. (1995). *Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.s. adults.* American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine.

https://doi.org/10.1164/ajrccm/151.3_pt_1.669

Vargas, C. R. (2011). *Efectos de la fracción gruesa (PM10-2.5) del material particulado sobre la salud humana.* Ministerio de Salud de Chile.

https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2016/proyectos/Efectos_en_la_salud_particulado_Cl_audio_Vargas_2011_MINSAL.pdf

Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Política de prevención y control de la contaminación del aire.*

https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/04/Politica_de_Preencion_y_Control_de_la_Contaminacion_del_Aire.pdf